

鲜竹沥水热法提取工艺优化、成分分析及其抗氧化活性研究

胡德兴¹, 张秋红¹, 唐荣芬¹, 张妍¹, 刘伟伟¹, 阳倩¹, 褚寿晶¹, 聂登攀^{1*}, 陶文亮²

(1. 贵州民族大学化学工程学院, 贵州 贵阳 550000; 2. 贵州省科学技术协会, 贵州 贵阳 550025)

摘要: 目的 优化鲜竹沥水热法提取工艺, 分析其成分, 并评估其抗氧化活性。方法 在单因素试验基础上, 以提取温度、提取时间、液料比为影响因素, 愈创木酚提取量为评价指标, Box-Behnken 响应面法优化提取工艺。采用 GC-MS 法分析水煮法、水热法、干馏法提取后的主要成分。采用 DPPH 法和 ABTS⁺法测定抗氧化活性。结果 最佳条件为提取温度 123 °C, 提取时间 50 min, 液料比 25 : 1, 愈创木酚提取量为 2.219 μg/g。水煮法、水热法、干馏法提取后分别鉴定得到 21、28、20 种成分。15 mg/mL 竹沥水对 DPPH、ABTS⁺ 自由基的清除率分别为 80.6%、91.1%。结论 该方法提取效率高、绿色环保, 可用于水热法提取具有一定抗氧化活性的鲜竹沥。

关键词: 鲜竹沥; 提取工艺; 水热法; 成分分析; 抗氧化活性; Box-Behnken 响应面法; GC-MS

中图分类号: R284.2

文献标志码: A

文章编号: 1001-1528(2026)02-0566-08

doi:10.3969/j.issn.1001-1528.2026.02.031

竹子是禾本科竹亚科多年生常绿植物, 主要分布于热带和亚热带的季风气候地区, 如亚洲、拉丁美洲、非洲等地^[1]。贵州省竹子资源丰富, 是该省重点发展的生态与惠农产业, 同时“以竹代塑”成为实现“双碳”目标的重要途径^[2]。竹子含有黄酮类、酚酸类、氨基酸等多种天然活性成分^[3-8], 若在竹材填充材料应用前提取有效成分, 可显著提升其利用价值。

鲜竹沥是由粉绿竹、净竹等植物的鲜秆加热后自然沥出的液体, 并经煮沸和防腐处理^[9], 中医用其治疗咳嗽、肺部炎症等呼吸道疾病, 其主要有效成分为愈创木酚^[10-12], 不仅具有止咳化痰作用, 也是医药、染料和香精香料的重要中间体^[13-14]。目前, 鲜竹沥的传统提取方法(烧制法、干馏法、水煮法等)存在质量不稳定、效率低下、环保性差等问题, 难以满足现代化需求; 现代回流提取法改善了部分问题, 但引入新介质可能会影响产品质量^[15], 同时成本较高。水热法作为一种环保、高效的提取技术, 通过高温高压将水加热至亚临界状态^[16-17], 可增强溶解能力, 并提高目标成分提取效率。因此, 本实验采用 Box-Behnken 响应面法优化鲜竹沥水热法提取工艺, 并对其进行成分分析和抗氧化活性研究, 以期实现其标准化、高效利用。

1 材料

1.1 试剂与药材 新鲜竹竿来源于贵州省贵阳市, 经专家鉴定为正品, 经切割、清洗、自然风干后, 粉碎成 40 目粗粉。愈创木酚对照品(色谱纯, 纯度>99.0%, 上海麦克林生化科技有限公司)。甲醇(色谱纯, 天津市富宇精细化工有限公司); 乙醚[分析纯, 重庆川东化工(集团)有限公司]; 碳酸氢钠(分析纯, 天津市百世化工有限公司)。

1.2 仪器 YZPR-500 微型反应釜(上海岩征实验仪器有限公司); SHZ-D 抽滤机、RE-2000A 旋转蒸发器(郑州豫华仪器制造有限公司); 电子天平(杭州友恒称重设备有限公司); FZ102 微型植物粉碎机(天津市泰斯特仪器有限公司); 8453 紫外分光光度计、7890A-5975C 气质联用色谱仪(美国安捷伦公司); D8 Advance X 射线衍射仪(德国 Bruker 公司); Regulus 8100 超高分辨场发射扫描电子显微镜(日本日立公司)。

2 方法

2.1 单因素试验 取药材粗粉 10 g, 固定加热速率 5 °C/min, 以液料比(10 : 1~35 : 1)、提取温度(80~140 °C)、提取时间(20~70 min)为影响因素, 冷却至室温, 进行液固分离, 减压浓缩, 紫外分光光度计测定愈创木酚含量^[18]。

收稿日期: 2024-12-16

基金项目: 国家自然科学基金(22366009); 贵州省科技厅科技重大专项项目([2024] 001)

作者简介: 胡德兴(1997—), 男, 硕士在读, 研究方向为天然产物提取技术。E-mail: 178760574@qq.com

* 通信作者: 聂登攀(1978—), 男, 教授, 研究方向为矿产资源综合利用。E-mail: ndpz@sina.com

分别取 20 μg/mL 对照品溶液 1、2、3、4、5、6 mL，甲醇定容至 10 mL 量瓶中，在 276 nm 波长处测定吸光度，在线性范围为 0~12 μg/mL 时得方程为 $A = 0.02672X - 0.00000513186$ ($R^2 = 0.9995$)，其中 A 为吸光度， X 为对照品质量浓度。计算愈创木酚提取量，公式为提取量 = $(Y \times 10 \times V \times 250) / (V_1 \times V_2 \times m \times 10^3)$ ，其中 Y 为愈创木酚质量浓度， V 为待测液体积， V_1 为竹沥水浓缩后体积， V_2 为竹沥水稀释后体积， m 为药材质量。

2.2 Box-Behnken 响应面法 在单因素试验基础上，以提取温度 (A)、提取时间 (B)、液料比 (C) 为影响因素，愈创木酚提取量 (Y) 为评价指标，进行三因素三水平设计，因素水平见表 1。

表 1 Box-Behnken 响应面法因素水平

水平	因素		
	A 提取温度/℃	B 提取时间/min	C 液料比
-1	110	40	20 : 1
0	120	50	25 : 1
1	130	60	30 : 1

2.3 GC-MS 成分分析 分别对水煮法 (破碎药材过 40 目筛，置于烧杯中，加水煮沸 50 min)、干馏法^[19] (将药材切成 10 cm 块状，倒置于加热套中，下方收集烤炙滴下的液体)、水热法提取的鲜竹沥进行分析。色谱条件为 DB-WAX 色谱柱 (30 m × 250 μm, 0.25 μm)；载气体积流量 1.0 mL/min；程序升温 (50 ℃, 2 min; 50~120 ℃, 5 ℃/min; 120~230 ℃, 10 ℃/min; 230 ℃, 10 min)。质谱条件为 EI 电离源；电子能量 70 eV；离子源温度 230 ℃；四极杆温度 150 ℃；扫描范围 m/z 20~500^[20]。

2.4 扫描电镜分析 取按“2.3”项下方法提取后的药渣适量，在 70 ℃ 下干燥，取微量喷金，在扫描电子下进行形貌、能谱 mapping 测试，设定形貌拍摄加速电压 3 kV，能谱 mapping 加速电压 15 kV。

2.5 抗氧化活性研究

2.5.1 DPPH 自由基清除能力 精确配制 0.2 mmol/L DPPH 溶液，取 3、6、9、12、15 mg/mL 提取液各 3 mL，与 3 mL 0.2 mmol/L DPPH 自由基溶液一同加入 10 mL 棕色瓶中混合，摇匀，避光反应 30 min，在 517 nm 波长处测定吸光度 A ；以 3 mL DPPH 溶液和 3 mL 乙醇为空白，在 517 nm 波长处测定吸光度 A_0 ；以维生素 C 为阳性对照，计算 DPPH 自由基清除率，公式为清除率 =

$$[(A_0 - A) / A_0] \times 100\% [21]。$$

2.5.2 ABTS⁺ 自由基清除能力 将 7 mmol/L ABTS⁺ 溶液与 2.45 mmol/L 过硫酸钾溶液按 1 : 1 比例混匀，室温避光静置 12~16 h，用 0.1 mmol/L 磷酸缓冲液 (pH 7.4) 稀释，作为工作液，测得其在 734 nm 波长处的吸光度为 0.7 ± 0.02 。精确配制 1、3、6、9、12、15 mg/mL 提取液，分别取 0.5 mL，与 4 mL 工作液混合后静置 6 min，在 734 nm 波长处测定吸光度 A_1 ；取提取液 0.5 mL，与 4 mL 乙醇混合后静置 6 min，在 734 nm 波长处测定吸光度 A_2 ；取无水乙醇 0.5 mL，与 4 mL 工作液混合后静置 6 min，在 734 nm 波长处测定吸光度 A_0 ，以维生素 C 为阳性对照，计算 ABTS 自由基清除率，公式为清除率 = $\{1 - [(A_1 - A_2) / A_0]\} \times 100\% [22]$ 。

3 结果

3.1 单因素试验

3.1.1 提取温度 图 1 显示，在液料比 10 : 1、提取时间 50 min 的条件下，提取温度为 90~120 ℃ 时愈创木酚提取量逐渐升高，在 120 ℃ 时达到最大值 1.899 μg/g，但进一步升高时后者反而降低，这是因为水热法提取产生的高温高压导致的水溶剂黏度降低、植物细胞壁破坏，愈创木酚扩散能力增强，但继续升温会导致该成分结构被破坏，挥发性、杂质提取率增加^[23]。因此，确定最佳提取温度为 120 ℃。

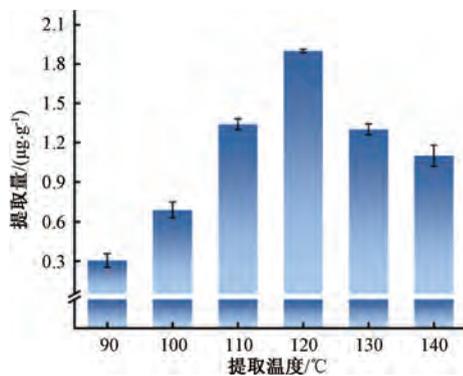


图 1 提取温度对愈创木酚提取量的影响 ($n=3$)

3.1.2 提取时间 图 2 显示，在提取温度 120 ℃、液料比 10 : 1 的条件下，提取时间为 20~70 min 时愈创木酚提取量显著升高，在 50 min 时达到最大值 1.991 μg/g，但长时间提取会导致愈创木酚分子结构内部键断裂或重组，并可能伴随其他物质的析出^[24]。因此，确定最佳提取时间为 50 min。

3.1.3 液料比 图 3 显示，在提取温度 120 ℃、提取时间 50 min 的条件下，液料比为 10 : 1~25 : 1

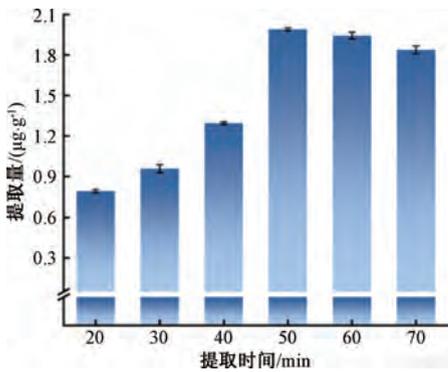


图2 提取时间对愈创木酚提取量的影响 (n=3)

时,愈创木酚提取量显著升高,在25:1时达到最大值2.139 μg/g,但进一步增加时后者反而降低,这是因为液料比达到某个临界点后,进一步增加溶剂会使其他杂质溶出^[25-27]。因此,确定最佳液料比为25:1。

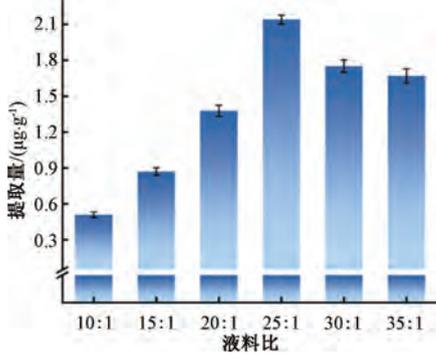


图3 液料比对愈创木酚提取量的影响 (n=3)

3.2 Box-Behnken 响应面法 结果见表2。

表2 Box-Behnken 响应面法设计及结果

试验号	A 提取温度/℃	B 提取时间/min	C 液料比	Y 愈创木酚提取量/(μg·g ⁻¹)
1	110	50	20:1	1.102
2	110	60	25:1	0.991
3	120	50	25:1	2.196
4	120	60	20:1	1.277
5	120	60	30:1	1.324
6	130	50	30:1	1.635
7	130	50	20:1	1.504
8	130	40	25:1	1.402
9	130	60	25:1	1.656
10	120	40	30:1	1.281
11	120	40	20:1	1.205
12	120	50	25:1	1.991
13	120	50	25:1	2.106
14	110	50	30:1	1.022
15	120	50	25:1	2.216
16	110	40	25:1	0.971
17	120	50	25:1	2.392

通过 Design-Expert 13 软件对表2 数据进行拟合,得二次回归方程为 $Y = 2.18 + 0.2639A + 0.0486B + 0.0218C + 0.0585AB + 0.0528AC - 0.0072BC - 0.4406A^2 - 0.4846B^2 - 0.4238C^2$, 方差分析见表3。由此可知,模型 $P < 0.0001$, 具有高度显著性;失拟项 $P > 0.05$, 表明未知因素影响较小;变异系数为 7.43%;调整系数为 0.9741, 表明模型具有良好的相关性;因素 A^2 、 B^2 、 C^2 为极显著项, AB 、 AC 、 BC 为不显著项,说明各因素间均不相互影响;各因素影响程度依次为提取温度 > 提取时间 > 液料比。

表3 方差分析结果

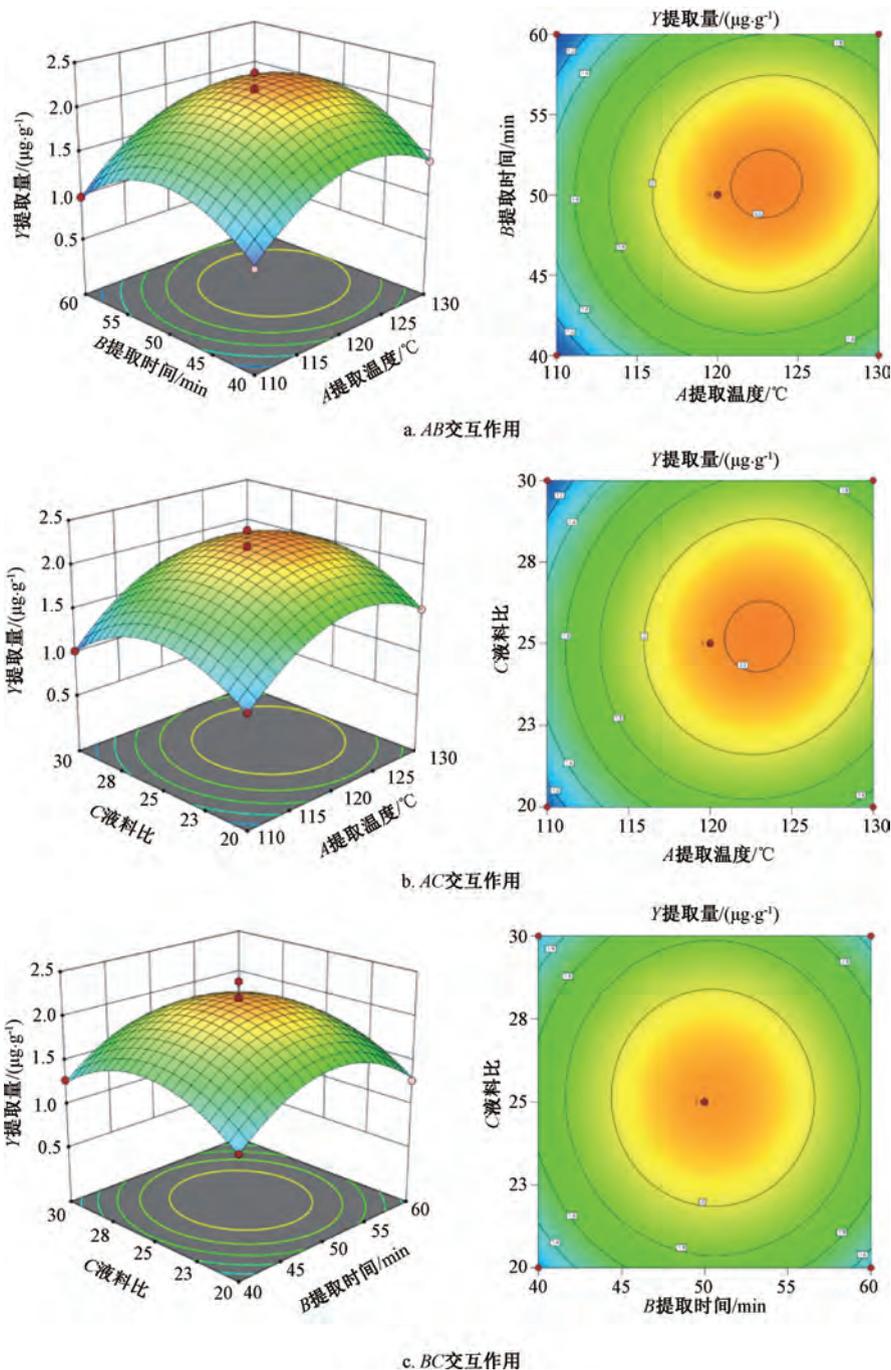
来源	离均差平方和	自由度	均方	F 值	P 值
模型	3.47	9	0.3853	29.21	<0.0001
A	0.5570	1	0.5570	42.24	0.0003
B	0.0189	1	0.0189	1.43	0.2701
C	0.0038	1	0.0038	0.2869	0.6088
AB	0.0137	1	0.0137	1.04	0.3422
AC	0.0111	1	0.0111	0.8439	0.3888
BC	0.0002	1	0.0002	0.0159	0.9031
A^2	0.8171	1	0.8171	61.98	<0.0001
B^2	0.9888	1	0.9888	74.97	<0.0001
C^2	0.7564	1	0.7564	57.35	<0.0001
残差	0.0923	7	0.0132	—	—
失拟项	0.0046	3	0.0015	0.0704	0.9728
纯误差	0.0877	4	0.0219	—	—
总误差	3.56	16	—	—	—

响应面分析见图4。最终确定,最佳工艺为提取温度 123.07℃,提取时间 50.38 min,液料比 25.22:1,愈创木酚提取量为 2.222 μg/g,根据实际生产情况,将其调整为提取温度 123℃,提取时间 50 min,液料比 25:1。再进行3次验证试验,测得愈创木酚提取量分别为 2.198、2.215、2.244 μg/g,平均值为 2.219 μg/g,与预测值 2.222 μg/g 接近,验证了模型的准确性和预测的可靠性。

3.3 GC-MS 成分分析 总离子流图见图5。

由表4可知,水煮法提取后鉴定出21种成分,其中可定性者占总数的44.73%,主要包括酮类、醇类、醛类、酚类;水热法提取后鉴定出28种成分,其中可定性者占总数的52.63%,主要包括酮类、醇类、醛类、酚类;干馏法提取后鉴定出20种成分,其中可定性者占总数的57.08%,主要包括酮类、醇类、酚类。

另外,鲜竹沥不同提取方法所得成分有所差异,与文献[28]报道一致。由于水热法提取是在高温高压下进行的,有利于药材中的淀粉、纤维素等多糖类物质的水解和降解,从而释放出大量的



注：左图为三维曲面图，右图为等高线图。

图4 各因素响应面图

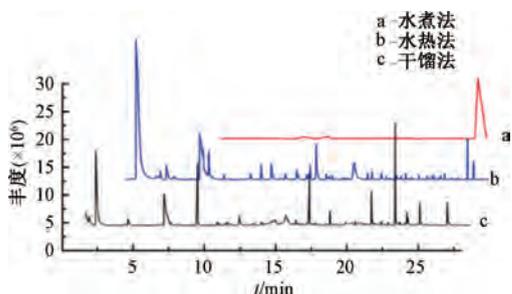


图5 鲜竹沥 GC-MS 总离子流图

醛类化合物，如醛类衍生物、羧酸等，并且酮类、醇类、酚类化合物也能由于其他有机物的分解而产生；水煮法提取后未发现主要有效成分愈创木酚，其原因是它为木质素热解产物，该方法提取温度较低，木质素不易分解，导致其生成量较少；干馏法提取需高温环境，更有利于木质素等含氧化合物的裂解，从而产生更多的酚类、酮类化合物。

3.4 药渣表征 图6显示，新鲜药材表面结构较光滑，细胞壁完整，元素分布均匀，未出现富集现

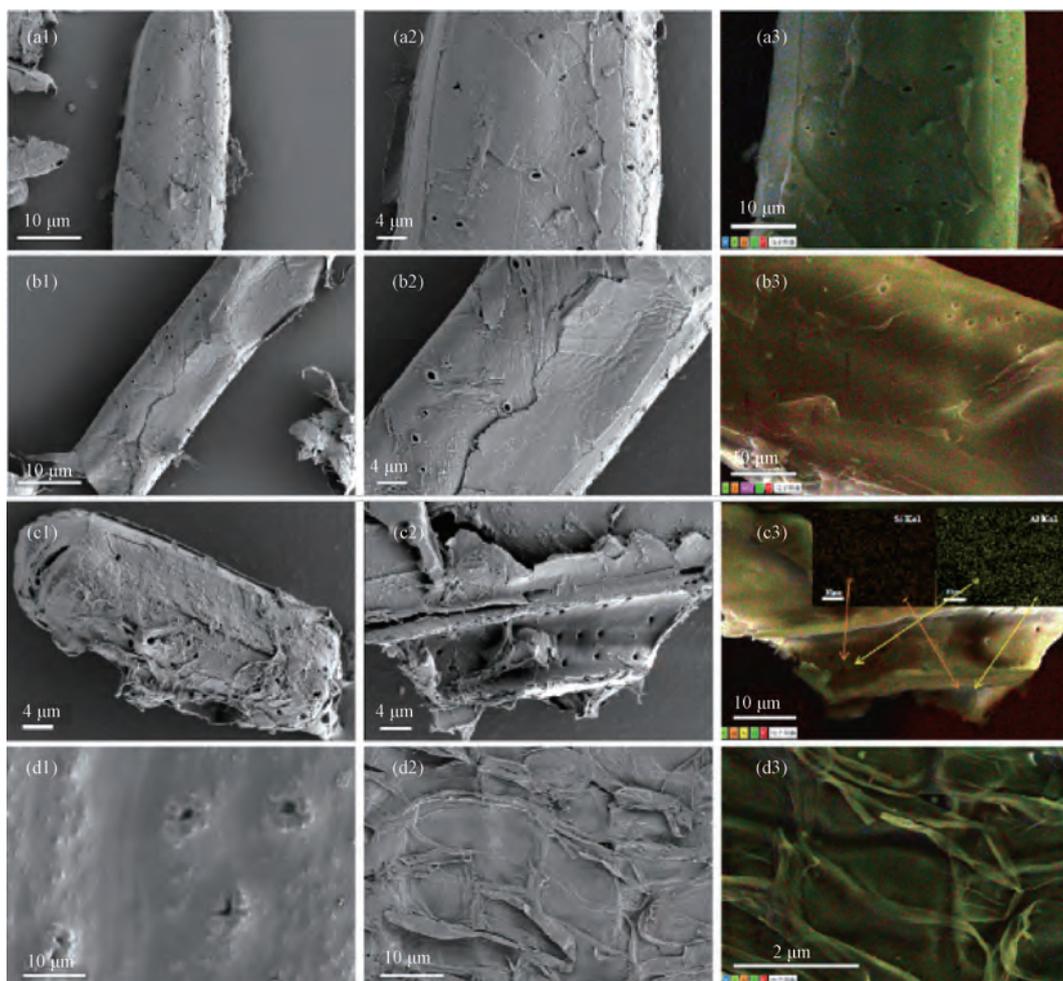
表4 GC-MS成分分析结果

序号	保留时间/min	名称	峰面积	相对分子质量	分子式	相对含量/%
1	4.775	D-柠檬烯	67 649.43	136.125	C ₁₀ H ₁₆	0.19
2	7.414	3-羟基-2-丁酮	132 748.33	88.052	C ₄ H ₈ O ₂	0.37
3	10.851	2-乙基-1,4-二甲基苯	48 943.03	134.110	C ₁₀ H ₁₄	0.14
4	11.276	1,2,3,5-四甲基苯	208 722.64	134.110	C ₁₀ H ₁₄	0.58
5	11.551	1,2,4,5-四甲基苯	501 649.19	134.110	C ₁₀ H ₁₄	1.40
6	12.515	1-甲基萘	47 797.87	132.094	C ₁₀ H ₁₂	0.13
7	12.928	1,2,3,5-四甲基苯	153 691.31	134.110	C ₁₀ H ₁₄	0.43
8	13.380	2-丙基-1-戊醇	475 313.9	130.136	C ₈ H ₁₈ O	1.33
9	13.628	苯并呋喃	448 740.62	118.042	C ₈ H ₆ O	1.25
10	13.837	苯甲醛	80 458.31	106.042	C ₇ H ₆ O	0.23
11	18.453	萘	139 757.93	128.063	C ₁₀ H ₈	0.39
12	20.211	己酸	164 510.68	116.084	C ₆ H ₁₂ O ₂	0.46
13	20.695	丁酸酯	43 839.29	286.214	C ₁₆ H ₃₀ O ₄	0.12
14	21.423	喹啉	77 871.69	129.058	C ₉ H ₇ N	0.22
15	22.734	辛酸	80 355.77	144.115	C ₈ H ₁₆ O ₂	0.22
16	23.819	壬酸	119 883.94	158.131	C ₉ H ₁₈ O ₂	0.34
17	25.080	邻苯二甲酸二甲酯	52 609.46	194.058	C ₁₀ H ₁₀ O ₄	0.15
18	25.130	2,4-二叔丁基苯酚	65 475.54	206.167	C ₁₄ H ₂₂ O	0.18
19	25.615	4,7-二甲基-1-苯并呋喃-3-酮	85 087.79	162.068	C ₁₀ H ₁₀ O ₂	0.24
20	25.857	4-乙烯基苯酚	12 886 712.31	120.058	C ₈ H ₈ O	35.99
21	26.562	2,2'-联呋喃	134 249.74	134.037	C ₈ H ₆ O ₂	0.38
22	2.680	十一烷	84 842 277	156.190	C ₁₁ H ₂₄	2.91
23	5.450	柠檬烯	4 192 397	136.120	C ₁₀ H ₁₆	0.14
24	7.590	戊醇	36 494 727	88.090	C ₅ H ₁₂ O	1.25
25	9.090	十三烷	7 919 230	184.220	C ₁₃ H ₂₈	0.27
26	11.990	3-乙基-2-甲基-1,3-己二烯	11 349 180	124.120	C ₉ H ₁₆	0.39
27	12.330	3-糠醛	46 859 664	96.020	C ₅ H ₄ O ₂	1.61
28	13.210	糠醛	86 399 432	96.020	C ₅ H ₄ O ₂	2.96
29	14.110	(2E,4E)-庚-2,4-二醛;2,4-庚二醛	43 638 701	110.070	C ₇ H ₁₀ O	1.50
30	14.710	苯甲醛	390 914 602	106.040	C ₇ H ₆ O	13.39
31	15.650	3,7-二甲基-1,6-辛二烯-3-醇	10 455 128	154.140	C ₁₀ H ₁₈ O	0.36
32	15.950	1-辛醇	19 907 662	130.140	C ₈ H ₁₈ O	0.68
33	17.650	2-苯乙醛	463 323 243	120.060	C ₈ H ₈ O	15.87
34	18.670	松油醇	35 117 495	154.140	C ₁₀ H ₁₈ O	1.20
35	19.020	邻二甲苯苯酚	35 275 773	138.070	C ₈ H ₁₀ O ₂	1.21
36	19.450	1-(3-甲基苯基)乙酮	639 304	134.070	C ₉ H ₁₀ O	0.02
37	19.740	脞-,甲氧基苯基-	63 161 527	151.060	C ₈ H ₉ NO ₂	2.16
38	20.460	1-(2,6,6-三甲基环己-1,3-二烯-1-基)丁-2-烯-1-酮	3 364 553	190.140	C ₁₃ H ₁₈ O	0.12
39	20.920	愈创木酚	21 201 049	124.050	C ₇ H ₈ O ₂	0.73
40	21.610	苯乙醇	32 047 619	122.070	C ₈ H ₁₀ O	1.10
41	22.000	4-(2,6,6-三甲基环己烯-1-基)but-3-烯-2-酮	8 079 751	192.150	C ₁₃ H ₂₀ O	0.28
42	23.550	3-甲基苯酚	1 702 466	108.060	C ₇ H ₈ O	0.06
43	23.990	8-丙氧基雪松	2 849 738	264.250	C ₁₈ H ₃₂ O	0.10
44	24.620	4-乙烯基-2-甲氧基苯酚	25 868 934	150.070	C ₉ H ₁₀ O ₂	0.89
45	25.650	2,4-二叔丁基苯酚	12 836 949	206.170	C ₁₄ H ₂₂ O	0.44
46	26.210	4,4,7a-三甲基-6,7-二氢-5H-1-苯并呋喃-2-酮	2 896 821	180.120	C ₁₁ H ₁₆ O ₂	0.10
47	26.850	吡啶	75 095 173	117.060	C ₈ H ₇ N	2.57
48	28.010	香兰素	3 705 747	152.050	C ₈ H ₈ O ₃	0.13
49	28.110	N-苯基甲酰胺	5 507 769	121.050	C ₇ H ₇ NO	0.19
50	5.280	D-柠檬烯	9 253 788	136.120	C ₁₀ H ₁₆	0.24
51	5.560	D-柠檬烯	2 501 800	136.120	C ₁₀ H ₁₆	0.07
52	8.210	3-羟基-2-丁酮	538 530 412	88.050	C ₄ H ₈ O ₂	14.01
53	10.130	2-环戊烯-1-酮	14 238 734	82.040	C ₅ H ₆ O	0.37
54	12.280	1,2,4,5-四甲基苯	29 996 642	134.110	C ₁₀ H ₁₄	0.78
55	15.160	2,3-二甲基-2-环戊烯-1-酮	29 470 729	110.070	C ₇ H ₁₀ O	0.77

续表4

序号	保留时间/min	名称	峰面积	相对分子质量	分子式	相对含量/%
56	16.310	2,3-丁二醇	392 276 333	90.070	C ₄ H ₁₀ O ₂	10.21
57	17.790	2-呋喃甲醇	91 166 288	98.040	C ₅ H ₆ O ₂	2.37
58	19.330	脞-,甲氧基苯基	29 995 928	151.060	C ₈ H ₉ NO ₂	0.78
59	20.810	2-甲氧基苯酚	197 320 712	124.050	C ₇ H ₈ O ₂	5.13
60	21.510	苯乙醇	29 511 792	122.070	C ₈ H ₁₀ O	0.77
61	22.020	4-甲基愈创木酚	27 680 600	138.070	C ₈ H ₁₀ O ₂	0.72
62	22.520	苯酚	522 020 454	94.040	C ₆ H ₆ O	13.58
63	22.860	4-乙基-2-甲氧基苯酚	27 368 762	152.080	C ₉ H ₁₂ O ₂	0.71
64	23.370	4-甲基苯酚	71 242 900	108.060	C ₇ H ₈ O	1.85
65	23.460	4-甲基苯酚	45 594 948	108.060	C ₇ H ₈ O	1.19
66	24.320	4-乙基苯酚	127 776 123	122.070	C ₈ H ₁₀ O	3.32
67	25.130	3-乙基-5-甲基苯酚	3 081 981	136.090	C ₉ H ₁₂ O	0.08
68	25.500	2-乙基-4-甲基苯酚	2 131 873	136.090	C ₉ H ₁₂ O	0.06
69	26.070	3-甲氧基-2-甲基苯酚	2 583 319	138.070	C ₈ H ₁₀ O ₂	0.07

注：1~21 为水煮法提取，22~49 为水热法提取，50~69 为干馏法提取。



注：a1~a3 为新鲜竹粉，b1~b3、c1~c3、d1~d3 分别为水煮法、水热法、干馏法提取后的竹渣。

图6 药渣扫描电镜图

象；水煮法、干馏法提取后药渣表面与新鲜药材的无明显差异，结构完整，无开裂现象，元素分布均匀；水热法提取后药渣表面有粗糙的纹理及不规则的褶皱和凹槽，显示结构的塌陷和破裂，其表面局

部区域有 Al、Si 富集，表明该方法能提取出更多的成分，使溶解或化学反应导致的元素再分布，同时高温高压下纤维素分子之间的氢键可能被破坏，导致细胞壁松弛破裂，表现为褶皱和凹槽。

3.5 抗氧化活性 图7显示,鲜竹沥质量浓度由3 mg/mL增加到15 mg/mL时,对DPPH、ABTS⁺自

由基的清除率明显升高,分别为80.6%、91.1%。

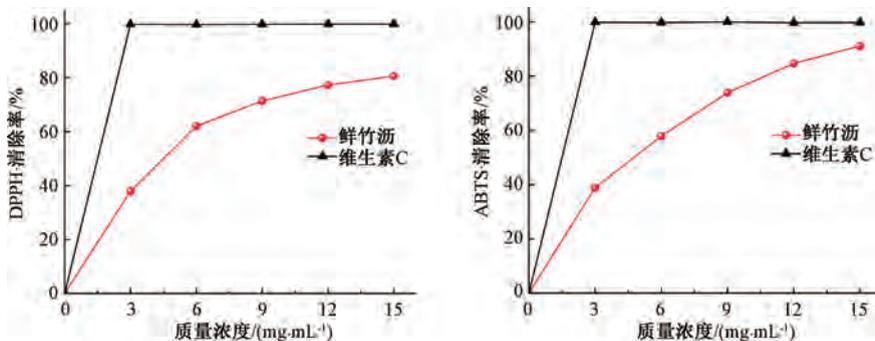


图7 鲜竹沥对DPPH、ABTS⁺自由基的清除能力 (n=3)

4 讨论与结论

鲜竹沥作为传统中药,具有良好的止咳化痰效果。本实验发现,水热法提取鲜竹沥的最优工艺为提取温度为123℃,提取时间为50min,液料比25:1,愈创木酚提取量为2.219 μg/g,并且表现出良好的抗氧化活性,表明该方法不仅能提取愈创木酚,还可能富含其他功能性活性物质。另外,与水煮法、干馏法相比,水热法体现出提取效率、绿色性、可持续性方面的显著优势,这是因为高温条件加速了水分子对竹子细胞壁的渗透,通过热能破坏纤维素、半纤维素、木质素氢键结构,导致其被显著破坏,从而促进目标成分的释放与溶解,在天然产物提取领域具有重要意义,可为鲜竹沥的提取及综合利用提供科学依据和技术支撑。

参考文献:

[1] 江泽慧. 世界竹藤[M]. 北京: 中国林业出版社, 2008.

[2] 李 姝, 胡鸿韬, 王德源, 等. 发挥资源优势 优化产业布局 加快贵州“以竹代塑”高质量发展[J]. 世界竹藤通讯, 2024, 22(3): 1-8.

[3] 马 娜, 刘孟华, 丁林伟, 等. 青皮竹中酚酸类和碳苷黄酮类HPLC分析方法的建立[J]. 食品工业科技, 2016, 37(14): 90-92; 97.

[4] Ye S H, Pan F P, Yao L N, et al. Isolation, characterization of bamboo leaf flavonoids by size exclusion chromatography and their antioxidant properties[J]. Chem Biodivers, 2022, 19(9): e202200506.

[5] 周路坦, 温 君, 李盈盈, 等. 超声辅助提取箬竹叶多糖工艺及抗氧化活性研究[J]. 中国食品添加剂, 2022, 33(11): 69-76.

[6] 戴天伦. 赤水麻竹叶多糖的制备工艺及抗氧化性能研究[D]. 贵阳: 贵州民族大学, 2021.

[7] Cao G T, Yu Y, Wang H X, et al. Effects of oral administration of bamboo (*Dendrocalamus membranaceus*) leaf flavonoids on the antioxidant capacity, caecal microbiota, and

serum metabolome of *Gallus gallus domesticus*[J]. Front Nutr, 2022, 9: 848532.

[8] 张 雄, 李洪庆, 戴 毅, 等. 麻竹叶水溶性膳食纤维的提取工艺及理化特性研究[J]. 中国调味品, 2022, 47(3): 59-64; 71.

[9] 张 婧, 张盼盼, 余 佩, 等. 基于液相色谱-飞行时间质谱法对慈孝竹叶化学成分的快速鉴定[J]. 中国医院药学杂志, 2017, 37(10): 946-951.

[10] 王 鑫, 曲建启. 鲜竹沥化学成分与药理作用研究进展及其质量标志物预测分析[J]. 医药前沿, 2024, 14(29): 31-34.

[11] 殷玉生, 丁青龙. 竹沥浅谈[J]. 江西中医药, 1987, 18(4): 47.

[12] 冯绘敏, 胡云飞, 曾茜垚, 等. 鲜竹沥化学成分及质量控制方法研究进展[J]. 中国中药杂志, 2021, 46(11): 2753-2759.

[13] 张文婷, 刘绪平, 袁桂平, 等. 正交设计优化鲜竹沥液的提取工艺[J]. 江西中医药大学学报, 2020, 32(2): 72-74.

[14] 黄春霞, 周新军. 愈创木酚应用研发进展[J]. 安徽化工, 2022, 48(6): 16-21.

[15] 徐诗军, 万 娜, 伍振峰, 等. 鲜竹沥的本草考证与现代研究进展[J]. 中国实验方剂学杂志, 2021, 27(4): 196-204.

[16] Conde T, Mussatto S I. Isolation of polyphenols from spent coffee grounds and silverskin by mild hydrothermal pretreatment[J]. Prep Biochem Biotechnol, 2016, 46(4): 406-409.

[17] Ramos L, Kristenson E M, Brinkman U A. Current use of pressurised liquid extraction and subcritical water extraction in environmental analysis[J]. J Chromatogr A, 2002, 975(1): 3-29.

[18] 李 红, 蒋孟良, 刘党生, 等. 紫外法测定竹沥中总酚含量[J]. 中国现代中药, 2008, 10(8): 16-17; 61.

[19] 熊 艳, 吴学文, 蒋孟良. 淡竹沥四种不同制备工艺的比较研究[J]. 中成药, 2006, 28(12): 1825-1826.

[20] 强悦越, 韦 航, 方 灵, 等. 福建姜黄挥发油化学成分的HS-SPME-GC-MS分析[J]. 中国食品添加剂, 2020, 31(1): 147-153.

[21] Wei M X, Zhao R, Peng X J, et al. Ultrasound-assisted

- extraction of taxifolin, diosmin, and quercetin from *Abies nephrolepis* (Trautv.) Maxim; Kinetic and thermodynamic characteristics[J]. *Molecules*, 2020, 25(6): 1401.
- [22] 邱佳, 刘付松, 张敏, 等. 瓶尔小草总黄酮提取工艺优化及不同采收期含量变化规律研究[J]. 中国食品添加剂, 2024, 35(9): 90-98.
- [23] 米智, 刘荔贞, 李慧, 等. 响应面法优化胡麻籽饼粕黄酮提取工艺及抗氧化活性的研究[J]. 中国粮油学报, 2022, 37(3): 108-113.
- [24] 牛强, 于丹, 都晓伟. 天花粉凝集素提取工艺优化及其抗补体活性研究[J]. 中成药, 2024, 46(8): 2737-2741.
- [25] 王煜伟, 李琳琳, 王乐, 等. 响应面法优化大蒜油的提取工艺研究[J]. 食品研究与开发, 2022, 43(13): 95-100.
- [26] 张娇娇. 榭叶中榭皮素水热法提取工艺的优化研究[D]. 郑州: 郑州大学, 2020.
- [27] Wu C L, McClements D J, He M Y, et al. Preparation and characterization of okarananocellulose fabricated using sonication or high-pressure homogenization treatments[J]. *Carbohydr Polym*, 2021, 255: 117364.
- [28] 肖小武, 周志强, 易路遥, 等. GC-MS法分析不同基原、炮制方法制备的鲜竹沥中成分[J]. 中药材, 2021, 44(11): 2624-2629.

苍茜湿疹乳膏提取工艺优化及其 HPLC 指纹图谱建立

闫卓^{1,2}, 王五兵^{1,2}, 李雁娜¹, 吉炯谕¹, 李思琪^{1,2}, 李丹^{1,2}, 陈凌云^{1,2*}

(1. 云南中医药大学中药学院, 云南昆明 650500; 2. 云南省高校外用给药系统与制剂技术研究重点实验室, 云南昆明 650500)

摘要: 目的 优化苍茜湿疹乳膏提取工艺, 并建立其 HPLC 指纹图谱。方法 在单因素试验基础上, 以浸泡时间、加水量、提取时间为影响因素, 盐酸黄连碱、盐酸巴马汀、盐酸小檗碱含量及干膏得率的综合评分为评价指标, 星点设计-效应面法结合 AHP-CRITIC 混合加权法优化提取工艺。再建立 HPLC 指纹图谱, 通过层次聚类分析、主成分分析、偏最小二乘判别分析进行化学模式识别。结果 最佳条件为加水量 10 倍, 浸泡时间 40 min, 回流提取 2 次, 每次提取 45 min, 综合评分为 91.08 分。10 批样品指纹图谱中有 8 个共有峰, 相似度均大于 0.9 (除 S2、S9 外)。各批样品聚为 2 类, 8、5、2 号峰为质量标志物。结论 该方法稳定可行, 可用于苍茜湿疹乳膏的实际生产。

关键词: 苍茜湿疹乳膏; 提取工艺; AHP-CRITIC 混合加权法; 星点设计-效应面法; HPLC 指纹图谱; 层次聚类分析; 主成分分析; 偏最小二乘判别分析

中图分类号: R284.2

文献标志码: A

文章编号: 1001-1528(2026)02-0573-08

doi: 10.3969/j.issn.1001-1528.2026.02.032

湿疹又称特异性皮炎, 是一种慢性、炎症性皮肤病, 以红斑、丘疹、水疱等多形性皮损为主要表现, 且伴随着剧烈瘙痒, 因其病因复杂, 容易复发, 故临床治疗方案的选择尤为重要。西医大多采用糖皮质激素类药物治疗湿疹, 但疗效欠佳, 并且长期使用会产生耐药性; 中医在湿疹病因病机方面研究较为明确, 内外治法近些年不断丰富, 同时相关中药具有多成分、多靶点、毒副作用小等优势。苍茜湿疹方为云南省中医医院治疗湿疹的临床经验方, 由马齿苋、紫草、黄连等 8 味中药组成, 具有

清热燥湿、凉血祛风、透疹消斑之功, 主治热毒引起的湿疹等皮肤炎症。本实验在单因素试验基础上, 以浸泡时间、加水量、提取时间为影响因素, 盐酸黄连碱、盐酸巴马汀、盐酸小檗碱含量及干膏得率的综合评分为评价指标, 星点设计-效应面法结合 AHP-CRITIC 混合加权法优化苍茜湿疹乳膏提取工艺, 再建立该制剂 HPLC 指纹图谱, 并进行化学模式识别, 以期为该制剂后续开发利用提供依据^[1]。

1 材料

1.1 仪器 EX125DZH 型电子分析天平 [十万分

收稿日期: 2024-12-17

基金项目: 云南省科技计划项目 (202101AZ070001-126)

作者简介: 闫卓 (2000—), 女 (佤族), 硕士在读, 从事中药制剂技术研究。E-mail: 2368121906@qq.com

* 通信作者: 陈凌云 (1970—), 男, 教授, 硕士, 从事中药药剂研究。E-mail: 498507628@qq.com

网络出版日期: 2025-03-25

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kems/detail/31.1368.R.20250325.0949.002.html>